

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11)特許出願公表番号

特表2003 - 522007

(P2003 - 522007A)

(43)公表日 平成15年7月22日(2003.7.22)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
A 6 1 B 8/12		A 6 1 B 8/12	4 C 3 0 1
B 0 6 B 1/06		B 0 6 B 1/06	Z 4 C 6 0 1
H 0 4 R 17/00	330	H 0 4 R 17/00	330 Z 5 D 0 1 9
			5 D 1 0 7

審査請求 未請求 予備審査請求 (全 46数)

(21)出願番号 特願2001 - 557697(P2001 - 557697)

(86)(22)出願日 平成13年2月7日(2001.2.7)

(85)翻訳文提出日 平成14年8月9日(2002.8.9)

(86)国際出願番号 PCT/US01/03894

(87)国際公開番号 W001/058601

(87)国際公開日 平成13年8月16日(2001.8.16)

(31)優先権主張番号 09/501,106

(32)優先日 平成12年2月9日(2000.2.9)

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 エンドソニックス・コーポレーション
ENDOSONICS CORPORA
TION

アメリカ合衆国カリフォルニア州95670, ラ
ンチョ・コルドバ, キルゴア・ロード 2
870

(72)発明者 スティーブンス, ダグラス・エヌ

アメリカ合衆国カリフォルニア州95616, デ
ビス, エバンス・コート 1230

(72)発明者 オドネル, マッシュー

アメリカ合衆国ミシガン州48104, アン・ア
ーバー, ブルックリン・アベニュー 1607

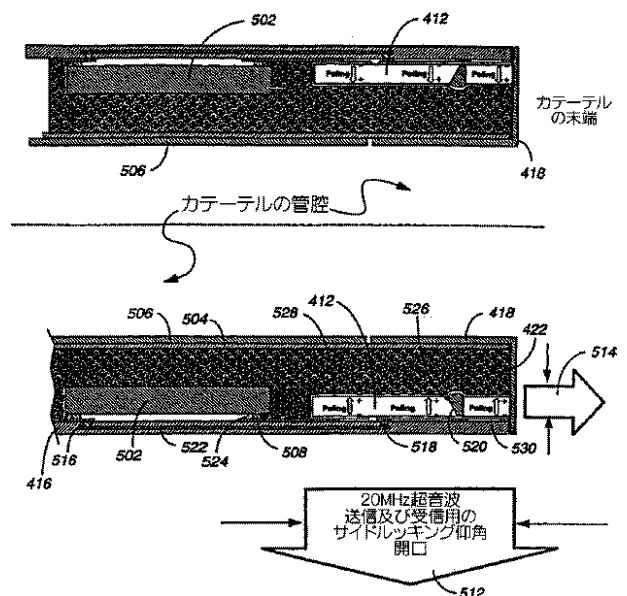
(74)代理人 弁理士 社本 一夫 (外 5 名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 フォワード及びサイドルッキング超音波画像化

(57)【要約】

超音波変換器配列408は、音響学的不連続部分520により分離された第一の部分604及び第二の部分606を有する少なくとも1つの変換器要素412を備えている。第一の部分604は半波k31共鳴を形成するのに望ましい長さを有する一方、第二の部分606は望ましくない極めて低周波数の帯域外k31共鳴のための共鳴長さを有している。変換器要素412の厚さはk33半共鳴用に設計されている。この設計を考慮するならば、変換器要素412は作用可能であり、また、フォワードルッキング仰角開口514及びサイドルッキング仰角開口512の双方を提供する。また、開示された超音波変換器412を超音波画像化時に使用方法も開示されている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 超音波装置において、
基層と、

該基層に取り付けられて、音響学的不連続部分により分離された第一及び第二の部分を有する超音波変換器要素とを備える、超音波装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の超音波装置において、超音波変換器要素が圧電材料にて形成され、音響学的不連続部分が切欠きを備える、超音波装置。

【請求項 3】 請求項 2 に記載の超音波装置において、切欠きには低音響学的インピーダンス材料が充填される、超音波装置。

【請求項 4】 請求項 1 に記載の超音波装置において、基層が可撓性基層から成る、超音波装置。

【請求項 5】 請求項 1 に記載の超音波装置において、変換器要素が、該変換器要素の全長に沿って一方向に圧電的に極が与えられる（圧電的に分極される）、超音波装置。

【請求項 6】 請求項 5 に記載の超音波装置において、変換器要素が、厚さ拡張モード及び長さ拡張モードにて共鳴するような寸法とされる、超音波装置。

【請求項 7】 請求項 6 に記載の超音波装置において、厚さ拡張モードが、変換器要素におけるその半波長が変換器要素の厚さに等しい周波数にて共鳴する、超音波装置。

【請求項 8】 請求項 6 に記載の超音波装置において、長さ拡張モードが、変換器要素内のその半波長が変換器要素の第一の部分の長さの距離に実質的に等しい周波数にて共鳴する、超音波装置。

【請求項 9】 超音波画像化システムにおいて、
末端部分と、長手方向に伸びる枢軸とを有するカテーテルと、
超音波エネルギーを送信し且つ受信し得るようにカテーテルの末端部分の周りに配置された複数の変換器要素と、

カテーテルの枢軸に対して垂直で且つ変換器要素を貫通する B - モード側面、カテーテルの枢軸に対して任意の角度にて変換器から前方に伸びる B - モード前方面、カテーテルの枢軸に対し垂直で且つ変換器の前方に隔てられた C - モード

面内にて画像を選択的に形成し得るように、変換器要素を励起させ且つ該要素により発生された信号を処理する超音波処理システムとを備える、超音波画像化システム。

【請求項 10】 請求項 9 の超音波画像化システムにおいて、変換器要素が円形の配列にて配置される、超音波画像化システム。

【請求項 11】 請求項 9 の超音波画像化システムにおいて、変換器要素が、カテーテルの枢軸に対し垂直な方向に向けて超音波エネルギーを送信し且つ受信すべく厚さ拡張モードにて共鳴し、また、超音波エネルギーを枢軸に沿って送信し且つ受信し得るように長さ拡張モードにて共鳴する、超音波画像化システム。

【請求項 12】 請求項 11 の超音波画像化システムにおいて、超音波処理システムが、厚さ拡張モードに対し第一の共鳴周波数及び長さ拡張モードに対し第二の共鳴周波数にて要素を選択的に励起させるパルサーを備える、超音波画像化システム。

【請求項 13】 請求項 12 の超音波画像化システムにおいて、厚さ拡張モードに対する共鳴周波数が、長さ拡張モードに対する共鳴周波数の少なくとも 1.5 乃至 2 倍である、超音波画像化システム。

【請求項 14】 超音波エネルギーを送信し且つ受信し得るようにカテーテルの末端部分の周りに配置された複数の変換器要素を利用する超音波画像化方法において、

変換器要素を励起させるステップと、

カテーテルの枢軸に対して垂直で且つ変換器要素を貫通する B - モード側面、カテーテルの枢軸に対して任意の角度にて変換器から前方に伸びる B - モード前面、カテーテルの枢軸に対し垂直で且つ変換器の前方に隔てられた C - モード面内にて画像を選択的に形成し得るように、前記要素により発生された信号を処理する超音波処理システムとを備える、超音波画像化システム。

【請求項 15】 請求項 14 の方法において、変換器要素が、カテーテルの枢軸に対し垂直な方向に超音波エネルギーを送信し且つ受信し得るように厚さ拡張モード及び超音波エネルギーを枢軸に沿って送信し且つ受信し得るように長さ拡張モードにて作動される、方法。

【請求項16】 請求項15の方法において、変換器要素が、厚さ拡張モードに対し第一の共鳴周波数及び長さ拡張モードに対し第二の共鳴周波数にて励起される、方法。

【請求項17】 請求項16の方法において、厚さ拡張モードに対する共鳴周波数が、長さ拡張モードに対する共鳴周波数の少なくとも1.5乃至2倍である、方法。

【請求項18】 超音波画像化装置において、

枢軸の周りで円形の配列状態に配置された複数の変換器要素であって、該要素の各々が枢軸に対して垂直な厚さ寸法及び枢軸に対して平行な長さ寸法を有する圧電材料本体を備える前記複数の変換器要素と、

厚さ寸法に等しい半波長を有する第一の共鳴周波数及び長さ寸法に等しい半波長を有する第二の共鳴周波数にて前記変換器要素を選択的に励起させる手段とを備える、超音波画像化装置。

【請求項19】 請求項18の超音波画像化装置において、長さ寸法が厚さ寸法の2倍程度であり、第一の共鳴周波数が第二の共鳴周波数の2倍程度である、超音波画像化装置。

【請求項20】 請求項18の超音波画像化装置において、変換器要素の各々の本体がその一端に向けて横方向に伸びる切欠きを有し、該切欠きの1つの壁が枢軸に対して垂直であり、該本体の長さ寸法が一端と該壁との間の距離である、超音波画像化装置。

【請求項21】 請求項20の超音波装置において、切欠きが全体として三角形の断面プロフィールを有する、超音波装置。

【請求項22】 超音波画像化方法において、

要素の各々が枢軸に対して垂直な厚さ寸法及び枢軸に対して平行な長さ寸法を有する圧電材料本体を有する複数の変換器要素を枢軸の周りで円形の配列状態に配置するステップと、

厚さ寸法に等しい半波長を有する第一の共鳴周波数及び長さ寸法に等しい半波長を有する第二の共鳴周波数にて前記変換器要素を選択的に励起させるステップとを備える、超音波画像化方法。

【請求項23】 請求項22の方法において、長さ寸法が厚さ寸法の2倍程度であるように選ばれ、第一の共鳴周波数が第二の共鳴周波数の2倍程度である、方法。

【請求項24】 請求項22の方法において、
変換器要素の本体の一端に向けて横方向に伸びる切欠きを形成し、該切欠きの1つの壁が枢軸に対して垂直であり、該本体の長さ寸法が一端と該壁との間の距離であるようにするステップを更に備える、方法。

【請求項25】 請求項24の方法において、切欠きが全体として三角形の断面プロフィールを有するように形成される、方法。

【請求項26】 超音波画像化装置において、
円筒状基板と、
該基板の一側部にて周方向に隔てられた圧電材料から成る複数の長手方向に伸びる変換器要素であって、該要素の各々が、一端に向けて横方向に伸びる切欠きを有し且つ要素の厚さに相応する周波数にて厚さ拡張モードに共鳴し、また、切欠きと要素の一端との間の距離に相応する周波数にて長さ拡張モードにて共鳴する変換器要素と、
厚さ拡張モード及び長さ拡張モードにて選択的に作用し得るように信号を印加し且つ信号を変換器要素から受信し得るように基板により保持された手段とを備える、超音波画像化装置。

【請求項27】 請求項26の超音波画像化装置において、切欠きと要素の一端との間の距離が要素の厚さの2倍程度であり、変換器要素が厚さ拡張モードにて共鳴するときの周波数が、要素が長さ拡張モードにて共鳴するときの周波数の2倍程度である、超音波画像化装置。

【請求項28】 請求項26の超音波画像化装置において、切欠きが全体として三角形の断面プロフィールを有する、超音波画像化装置。

【請求項29】 請求項26の超音波画像化装置において、円筒状基板内で同軸状に配置された音響学的に釣り合う管と、変換器要素と管との間における音響学的吸収材料から成る本体とを更に備える、超音波画像化装置。

【請求項30】 請求項29の超音波画像化装置において、音響学的に釣り

合う管と音響学的吸収材料との間に配置された放射線不透過性マーカを更に備える、超音波画像化装置。

【請求項31】 超音波画像化装置の製造方法において、

圧電材料から成る全体として矩形の本体を可撓性回路基層の上に取り付けるステップと、

本体の一端に向けて本体に横方向に伸びる切欠きを切込むステップと、厚さ拡張モード及び長さ拡張モードにてそれぞれの要素の厚さ及び一端と切欠きとの間の長さに相応する周波数にて選択的に作動可能である複数の長手方向に伸びる変換器要素を形成し得るように本体を横方向に隔てられた線に沿って長手方向に切断するステップと、

可撓性回路基層をその長手方向に伸びる変換器要素を有する実質的に円筒形状に形成するステップとを備える、製造方法。

【請求項32】 請求項31の方法において、厚さ拡張モードにて変換器が長さ拡張モードの周波数の2倍にて作動するように、一端と切欠きとの間の距離が要素の厚さの2倍に等しくなるようにされる、方法。

【請求項33】 請求項31の方法において、

変換器要素とインターフェース接続し得るように集積回路を基層の上に取り付ける更なるステップを備える、方法。

【請求項34】 請求項31の方法において、切欠きが全体として三角形の断面プロフィールを有するように形成される、方法。

【請求項35】 請求項31の方法において、

音響学的に釣り合う管を円筒状基層内に同軸状に配置するステップと、

変換器要素と管との間の領域を音響学的吸収材料にて充填するステップとを更に備える、方法。

【請求項36】 請求項35の方法において、音響学的に釣り合う管と音響学的吸収材料との間に放射線不透過性マーカを取り付けるステップを更に備える、方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【技術分野】**

本発明は、全体として、超音波画像法、より具体的には、カテーテル利用装置により小さい空洞を超音波画像化する装置及び方法に関する。

【0002】**【背景】**

近年、心臓血管及び末梢血管の病気の診断及び治療にて介入心臓専門医が使用し得るように、血管内超音波（IVUS）画像化システムが設計されている。かかるシステムは、従来のx線血管造影法では得られない重要な診断上の情報を提供することにより診断及び治療効果を向上させる。この情報は、動脈硬化症ブランクの位置、量及び組成を含み、また、外科医が病変部位の特徴を識別し、最適な治療方法を選び、治療装置を配置し且つ治療結果を迅速に評価することを可能にする。

【0003】

かかるIVUSシステムは、全体として、外部の画像化システムに対し電子信号を提供し得るようにカテーテル又はガイドワイヤーの先端に取り付けられた極小型変換器を1つ又は多数、有するIVUS装置を含んでいる。該外部の画像化システムは、カテーテルが挿入される動脈又はその他の体腔の内腔、血管の組織及び（又は）血管を取り巻く組織の画像を生じさせる。これらのシステムに伴う問題点は、カテーテルの周りの組織を鮮明に視覚化し、血管造影基準点のような既知の空間的基準点に対する画像の正確な位置を識別することを含む。

【0004】

現在使用されている超音波画像化カテーテルの幾つかは、カテーテルの長手方向軸に対し垂直であり且つ変換器を通る面内にB-モード画像を生じさせる「サイドビューイング」型装置である。この面は、B-モード側面と称され、図1に図示されている。また、カテーテルの軸に対し垂直であり且つ変換器の前方に隔てられた、図2に図示したC-モード画像面を生じさせる「フォワードビューイング」型装置もある。その他のフォワードビューイング装置は、変換器から前方

向に且つカテーテルの軸に対し平行に伸びる面内にてB - モード画像を生じさせる。この面はB - モード前方向面と称され、図3に図示されている。このフォワードビューイング装置は、外科医がカテーテルの前方にあるものを見ることを許容し、また、カテーテルが通ることのできない領域内の画像化を許容する点にて特に有益である。

【0005】

従来から提供されている画像化カテーテルに伴う1つの問題点は、所定の型式のIVUSカテーテルは、1つのモード面においてのみ高品質の画像を提供することができる点である。例えば、B - モードフォワード画像化及びC - モード画像化の双方を可能にすることのできる既知の装置は全く存在しない。従って、従来技術の難点及び不利益な点を解消し且つ多数の面にて画像を提供することのできる、上記特徴の超音波画像化変換器及び方法が当該技術にて必要とされている。

【0006】

新規であると考えられる本発明の特徴は、特許請求の範囲に具体的に記載してある。本発明は、その更なる目的及び有利な点と共に、その幾つかにて、同様の要素を同様の参照番号で表示する、添付図面と共に、以下の説明を参照することにより、最も良く理解することができる。

【0007】

【好ましい実施の形態の詳細な説明】

本明細書は、新規であると考えられる本発明の特徴を明確にする特許請求の範囲を含むが、本発明は、同様の参照番号を使用する、図面と共に、以下の説明を研究することにより一層良く理解されよう。

【0008】

先ず、図4を参照すると、血管内で使用するためのカテーテル400が図示されている。このカテーテルは、ガイドワイヤー406、流体、及び(又は)色々な治療用装置又はその他の器具を通すことのできる、軸方向に伸びる管腔404を有する細長い可撓性の本体402を備えている。しかし、本発明は、カテーテルと共に使用することによりのみ限定されるものではなく、任意の適宜なカテーテル

、ガイドワイヤー、探針等と共に利用することができる。超音波画像化変換器組立体408は、カテーテルの末端410にて、カテーテルの基端に配置されたコネクタ424が設けられている。この変換器408は、超音波エネルギーを伝送し且つ受け取るためカテーテルの長手方向軸414の周りに中心がある円筒状の配列にて配置されることが好ましい複数の変換器要素412を備えている。

【0009】

これらの変換器要素412は、円筒状基層416の内壁に取り付けられており、該基層416は、図示した実施の形態において、既に管の形態にロール巻された可撓性の回路材料から成っている。変換器要素412の端部分420は、変換器組立体の末端部分に図示されている。適宜な音響学的性質を有する変換器の裏当て材料422が変換器要素412を取り巻いている。変換器要素の端部を隔離する端部キャップ418は、変換器組立体に取り付けられている。これと代替的に、変換器要素412の端部分420は、これらの要素を外部の流体（例えば、血液）から絶縁し得るように非導電性接着剤にて被覆することができる。

【0010】

図5において、半分に切断し且つ両側部を示す変換器組立体408の断面図が図示されている。変換器要素とインターフェースで接続される集積回路502は基層416の上に取り付けられ、回路502と変換器要素との間の相互接続は基層の表面にあり且つ該基層内に埋め込まれた導電性トレース508、522により形成される。導電性トレース508は「ホット」導体を提供し且つIC502を変換器412に相互に接続する。導電性トレース522はIC502と変換器412との間に接地導体を提供する。相互接続通路（ビア）516、518、524は導電性トレース508、510及びIC502と変換器要素512との間に電氣的接続部を提供する。

【0011】

変換器領域は金属マーカー管504とプラスチック部材506、418とを備える中央コアを有しており、一方のプラスチック部材は管腔に対するライニング506として機能し、他方のプラスチック部材はカテーテル端部を保護すると共に、配列の端部から超音波を伝送するある型式の音響結合促進部としても機能する

端部キャップ片422である。カテーテルの中央コアと末梢に配置された配列要素との間には音響吸収材料422がある。コアはその末端に環状端部壁を有し且つカテーテルの管腔と整合した軸方向に伸びる開口部とを有する円筒状本体を備えている。カテーテルの先端を身体内に配置するために使用する金属のスリーブ504又はその他の適宜な放射線不透過性材料がコアの周りで同軸状に配置されている。

【0012】

変換器要素412の各々はPZTの又はその他の適宜な圧電材料から成る細長い本体を備えている。これらの要素は円筒状基層の上で長手方向に且つカテーテルの軸に対し平行に伸びている。要素の各々は、その末端に全体として平坦面を有する矩形の断面を備えている。変換器要素は特に明確に示すようにその全長に沿って一方向に圧電的に極性が与えられている（圧電的に分極されている）。全体として三角形断面の横方向に伸びる切欠き520は変換器要素の各々に形成されている。該切欠きは変換器要素の内面を貫通して開放し且つ外面まで略全経路に亘って伸びている。好ましくは、切欠き520は末端側に垂直側壁を有し且つ基端側に傾斜した側壁を有するようにする。垂直壁はカテーテルの長手方向枢軸に対し垂直であり、傾斜壁は枢軸に対し60°程度の角度にて傾斜させてある。全ての配列変換器要素の存在する切欠きは適宜な非導電性材料526を充填することができる。切欠き520を充填するために使用することのできる材料の一例は、低音響インピーダンスを有する非導電性エポキシである。好ましい材料ではないが、低音響インピーダンスを有する導電性材料もまた、切欠き520を充填するために使用することができる。導電性材料が切欠きのフィラーとして使用されるならば、この材料は、非導電性材料が利用される場合に必要とされる変換器要素の双方の部分を相互に接続すべく頂部分を金属被覆する必要性を無くすことができよう。変換器要素により発生されたE界（電界）に対し影響を与えることを考慮するならば、導電性材料は好ましい切欠きのフィラーではない。

【0013】

好ましい実施の形態において、変換器配列は、10メガヘルツ（MHz）超音波の送信及び受信のためのフォワードルッキング仰角開口514と、20MHz

超音波送信及び受信のためのサイドルッキング仰角開口512とを提供する。特定の設計基準に依存して、その他の周波数の組合せを使用することができる。変換器要素の内面及び外面は電極528、530を形成し得るように金属被覆されている。その基端と末端との間にて電極530の連続的な電氣的接続部を形成し得るように、二次的金属被覆が、絶縁した切欠き領域520の上方に形成されている。外側の電極は接地電極530として機能し且つ金属通路（ビア）518により、基層内に埋め込まれたトレース522に接続されている。内側電極528は切欠き520の壁に沿って伸び、要素の基端の周りに巻かれ且つ基層の表面上のトレース508に直接接続されている。1つの実施の形態において、変換器金属被覆部分は、クロム層の上の金の層から成っており、クロム層は金に対する接着層として機能する。当該技術分野の当業者は、その他の金属被覆材料が利用可能であることが理解されよう。

【0014】

圧電材料412の極性を持たせた（分極された）金属被覆ブロックを可撓性の回路基層416に電氣的に且つ機械的に接合し、基層が図8に図示した非ロール巻状態すなわち平坦な状態にあるようにして変換器配列が製造される。変換器ブロックは、厚さ - 枢軸極性が全体として均一に分配され、材料の全ブロックに互って同一の枢軸にある圧電極状態として存在する。次に、例えば、ダイス切り鋸にて切断するといった方法で圧電ブロックの全体に切欠き520が形成される。個々の切欠き520の各々には、プラスチックのような材料526を充填し、金属被覆部分806を有する連続的な変換器内側電極を形成し得るように金属被覆部分804を切欠きの頂部に施す。次に、このブロックを長手方向に切断して個々の要素を形成し、これら要素は電氣的に且つ機械的に共に互いに隔離され、これら要素の間に切り口808が形成される。外部の超音波システムに電氣的に接続されたマイクロケーブルを変換器組立体に接続し変換器を制御することを許容し得るように基層の上にケーブルワイヤー取り付け端子802が設けられている。

【0015】

集積回路502は基層416の上に取り付けられ、次に、基層をその円筒状の

形状にロール巻し、変換器要素が円筒体の内側部にあるようにする。放射線不透過性材料のスリーブをコアに取り付け、コアを円筒体内に配置し、コアと変換器要素との間の容積内に音響吸収性材料を導入する。特定の用途に対し放射線不透過性マーカーが不要な場合、そのマーカーは省略することができる。

【0016】

厚さ拡張TEモード(k_{33} 作動)又は長さ拡張(LE)モード(k_{31} 作動)の何れかにて超音波エネルギーを選択的に送信し且つ受信し得るように変換器要素412を作動させることができる。TEモードに対する励起周波数は半径方向への変換器要素の厚さにより決まり、LEモードに対する周波数は切欠き520の末端面614と垂直壁610との間の本体の長さによって決まる。厚さTEモードは圧電材料中のその半波長が要素の厚さに等しい周波数にて共鳴する。LEモードは、圧電材料中のその半波長が末端と切欠きとの間の距離に等しい周波数にて共鳴する。変換器要素の各々はその何れかのモードにて超音波エネルギーを送信し且つ受信し得るように個々に作動可能である、所望のモード(すなわち、「サイド」又は「フォワード」)の選択は、a)対象とする電子的に選んだ周波数帯域、b)2つのモードの間にてエコービームパターンを空間的に隔離する変換器の設計、c)画像面特有のビーム形成の負担及び合成開口ビーム形成技術を使用して再構成すべく特定の所望の画像面に対する遅れに依存し、この場合、「サイド」及び「フォワード」ビームパターン間のエコータイミングインコヒーレンスはモードの隔離状態を保つのに役立つ。

【0017】

図6には、発生されたE界を示す変換器要素412が図示されている。1つの現在の好ましい実施の形態において、音響的不連続性を形成する切欠き520と、変換器要素の第一の部分とも称される、各変換器要素の末端との間の距離604は、要素の厚さ608の約2倍に等しくされ、その結果、TEモードに対する共鳴周波数はLEモードに対する共鳴周波数の約2倍となる。2つのモード間にてモードを良好に分散させるため、TE周波数は、LE周波数の少なくとも1.5倍であり、好ましくは、少なくとも2倍であるようにする。切欠きの末端側における急峻な壁610又は鋭角な切込み部分は、圧電材料内の音響伝送路に対し

急激な端部を提供し、L E 作動周波数にて半波長の共鳴状態を促進する。

【0018】

切欠き520と要素の基端612との間にある変換器要素部分すなわち第二の部分606は、また、L E モードにて共鳴可能であるが、設計は、この部分の長さを慎重に選ぶことにより、共鳴可能なモード分散特徴を形成するのに十分に低い（又は高い）周波数にこの共鳴周波数（及びその調和周波数）を置くことができる。この部分を配列の「端部」にL E モード音響接続することはまた、極めて不良であり、また、その望ましくない応答性を減衰させるのに寄与する。しかし、この部分は、圧電作用要素の全長として「サイドルッキング」開口を画成すべくT E モードの励起に、確実に関与することができる。また、この配列中の全ての要素は、超音波組立体に接続された超音波システムによりT E 又はL E 作動モードの何れかにて、超音波エネルギーの受信機として選択的に使用することもできる。

【0019】

図7には、I C 502と個々の変換器要素412とを相互に接続するために使用される1つの代替的な相互接続技術が図示されている。この実施の形態において、はんだ又は金属-エポキシ702のようなその他の導電性材料を使用して接地トレース510を変換器要素の接地電極に接続する。接地と「ホット」電極との間の絶縁性分離層708が変換器要素412の基端に配置されている。「ホット」の導電性トレース又はランナー508を変換器要素におけるその対応する電極に接続するため、エポキシ絶縁体704が使用される。次に、このエポキシ絶縁体の頂部を金属被覆706して、変換器ブロックを別個の要素にダイス状に切る前に、トレースすなわちランナー508をその対応する電極に電氣的に相互に接続する。

【0020】

【多数画像化モード：作動原理の説明】

圧電変換器は、適宜に励起されたとき、電気エネルギーを機械エネルギーに変換し、また、同様に機械エネルギーを電気エネルギーに変換する。これら変換の効果は、主として、全体として示した変換器組立体の基本的な変換効率に依存する。しか

し、変換器は、三次元的電子機械式装置であり、常に、全ての可能な共鳴モードにてある程度の電子 - 機械的結合を行うことができ、その1つ又は幾つかのモードが優勢であるようにする。全体として、画像化変換器の設計は、その他の全ての結合モードを「スプリアス」として抑制しつつ、単一の優勢な電子 - 機械的結合モードを形成しようとする。単一の優勢な電子 - 機械式結合モードを有する変換器の設計を実現するのに使用される一般的な方法は、通常、変換器の外部の媒体に対し単一の効率的な機械式結合「ポート」を形成することから成る。この単一のポートは、変換器の最も効率的な共鳴作動モードがその機械的な結合ポートに面するように変換器を取り付けることで形成され、その他の全てのモードは、変換器の寸法の制御及び減衰材料により実現される機械的分散により抑制される。

【0021】

本発明の設計において、変換器の設計は、変換器は2つの主要な電子 - 機械的結合モードにて効果的であること、モードの各々が異なる作動周波数、音響「ポート」及び電子 - 機械的結合効率を使用することを利用するものである。1つのポートは、図1に図示したように横断ビュー画像にて使用される「サイドルッキング」ポートである。他方のポートは配列の「端部」すなわち「フォワードルッキング」ポートである。

【0022】

本発明は、他方を排除して1つのモードを選ぶのに必要な何らの機械的切り換えを行わずに、2つの電子 - 機械式結合モード（すなわち、「サイド」512及び「フォワード」514）が常に作用可能であることを許容する。また、本発明の設計は、「サイドルッキング」面における全ての画像目標物のエコー（図1参照）が「フォワードルッキング」面内にて目標物を再構成することを妨害しないこと（図2、図3参照）、また、これに相反して、「フォワードルッキング」からの画像目標物が「サイドルッキング」面内での目標物の再構成を妨害しないことも保証する。本発明によれば、以下に記載した設計の方法は2つの作動モードを十分に隔離した状態を保つために使用される。

【0023】

A) 【2つのモードの共鳴及び空間的隔離】

「サイドルッキング」ポートは、好ましい実施の形態に従って「フォワードルッキング」の周波数の約2倍となる設計とされている。変換器の寸法上の設計は、「高周波数で且つサイドルッキング」変換器ポートの低周波数信号に対する感度及び「低周波数で且つフォワードルッキング」変換器ポートの高周波数信号に対する感度が極めて低いようにされる。

【0024】

更に、2つのモード512、514の送信及び受信音響「ビーム」の方向は互いに対し略直角であり、この特徴は画像目標物を識別するため更なる隔離状態をもたらす。また、2つの作動モードの隔離状態を更に促進すると共に、スパース配列エコーの捕集方法を最適にするための手段として、「フォワード」ビーム再構成時のエコー捕集方法は、円形の配列環状内にて、送信及び受信変換器要素、好ましくは、その10個以上の要素を所望通り物理的に分離させる。この物理的分離は、「高周波数のサイドルッキング」ポートからの「スプリアス」な送信エコーがそれより低い作動周波数にて「フォワードのみ」エコーを受け取る受信要素を汚染することを防止することに役立つ。

【0025】**B) 【2つのモードの電気周波数帯域の隔離】**

上述したように、約2倍だけ相違する中心周波数にて2つの作動モードを作動させる。この設計の特徴はカテーテルから受け取ったエコー信号を処理するホストシステム内で帯域通過フィルタを使用することを通じて2つのモードを更に隔離することを許容する。更に、低い部分的帯域幅の設計（すなわち<30%）にて2つのモードの一方又は双方を作動させる場合、帯域通過フィルタは極めて高度のモードの隔離状態を保つ上で更により効果的であろう。

【0026】**C) 【合成開口の再構成を通じてのビーム形成の隔離】**

全ての画像モードに対し合成開口ビーム再構成法が使用される。ビーム形成過程は、特定の画像面内にてコヒーレント状態に画像化された画像の目標物にのみ合焦されることが好ましい。このように、画像再構成法は、例えば、「サイドル

ッキング」面にて画像を形成するが、「フォワードルッキング」面からの混信されたエコーを有する目標物は、全体としてインコヒーレントであり、背景雑音の1つの型式として抑制されよう。その逆もまた真である。すなわち、「サイドルッキング」エコーの汚染状態は、全体として、「フォワードルッキング」画像化にてインコヒーレントであり、合成開口再構成過程を通じて抑制されよう。

【0027】

要求時、多数の画像面を形成するため可撓性のデジタル画像再構成システムが必要とされる。多数の画像面を組み立てる好ましい方法は、合成開口再構成アプローチ法を利用する。図1に図示した「サイドルッキング」画像は、合計64個の変換器要素の円形の配列内にて、例えば、14個の隣接する変換器要素のように大きい標本化した変換器要素の開口を使用して再構成することができる。開口の再構成のための送信 - 受信エコーの捕集は、円形の配列の周りで連続的に変化させ、1つの特定の開口の再構成にて使用される全ての送信 - 受信のクロス乗積の項を標本化する。14個の要素の任意の開口内には、画像を合成的に再構成するために使用される105個の独立的な送信 - 受信エコークロス乗積があるものとすることができる。

【0028】

図2及び図3に図示した「フォワードルッキング」画像は、円形の配列の環状端部に配置された選ばれた変換器要素から成る標本化された開口を使用して再構成することができる。上述した64個の変換器要素のサンプルに対し、全ての要素は、C - モード又はB - モードの何れかにて「フォワードルッキング」画像を形成するための完全なデータセットの捕獲（これは、 64×32 の独立的な送信 - 受信要素のクロス乗積から成るものとする）に寄与することができる。完全なデータセットのアプローチ法の1つの代替例として、画像を十分に調和させるためより少ない数の独立的な送信 - 受信要素のクロス乗積が使用される。開口の再構成のための送信 - 受信エコーの捕集は、円形の配列の周りで連続的に変化させ、特定の開口の再構成にて使用される全ての送信 - 受信要素のクロス乗積を標本化する。

【0029】

より低効率の変換器の結合係数 (k_{31}) を使用し、しかも、合成開口画像化の「サイドルッキング」モードにて経験されない追加的な回折損失という欠点がある「フォワードルッキング」画像化モードにおいて、特殊な信号の処理が好ましい。一例として、「フォワードルッキング」C - モード画像面を形成するとき、処理システム内にて多数の送信パルス及び狭小帯域通過エコーフィルタを使用することにより、低雑音の帯域幅を実現することができる。更に、又は1つの好ましい代替例として、相関処理法を使用することによる釣合ったフィルタを使用してエコーの信号対雑音比を向上させることができる。

【0030】

【標準型の断面B - モード作動】

カテーテル画像化装置のこの断面B - モード作動の有利な点は、カテーテルから半径方向位置の深い深さにて且つ高画像分解能にて1つの画像を見ることができることである。この視認深さは、「フォワードビューイング」作動モードに電子的に切り換える前に、カテーテルのユーザが装置を正確に配置することを可能にするのに役立つ。全体として、カテーテルの長軸軸に対し平行な経路内にて迅速に動く画像目標物をこのモードにて検出し且つカラー領域として表示することができる。この情報は、画像化装置の有用性を向上させ得るように、カテーテルの「フォワードビューイング」作動モードから移動する目標物の情報を比較し且つ確認するために使用することができる。

【0031】

1. 変換器の作用

変換器は、この「主要」モードにて、結合係数を表わすべく k_{33} 電子 - 機械式結合係数を利用して、厚さ拡大 (TE) 共鳴にて作用する。この「厚さ共鳴」は、変換器の偏極方向と整合した変換器の方向の四分波又は半波 (変換器の裏当て形成部の音響インピーダンスに依存する)、及び検知され又は付与された電界を意味する。このTEモードは、超音波音響送信エコーを発生させるため電界の励起後、又は変換器内に電界を発生させる音響励起後の受信モードの後の何れかにて、変換器の短い寸法内で発生された典型的に高周波数の厚さ共鳴を利用する。

配列のステッピング:

断面B - モード画像を発生させるためTEモードが使用される。この断面画像は、変換器要素の長軸軸に対して直角の面内で配列要素を画像化する。配列の周りの順序的変換器要素の標本化から集められたエコー情報は、配列の周りで色々な寸法の開口を合成的に得ることを可能にする。合成的に得られた任意の開口を形成するため、開口からエコーと独立的な送信 - 受信要素の全ての対を完全に標本化する方法にて、配列中の隣接する群の変換器要素が順次に使用される。1つの開口を完全に標本化するこの要素の順序化は、通常、開口内でエコー情報を1つ又はより多数の隣接する要素から伝送し且つ同一又は別の要素にてそのエコー情報を受信し、エコーの全ての独立的な送信 - 受信対が捕集される迄、それを続行することを含む。

ノッチ効果：

配列の中間に音響的不連続性を形成する小さい切欠き(520)はその要素に対するTEモード送信又は受信ビームパターンに対して僅かで且つ重要でない効果を与える。小さい切欠きは、TEモード共鳴に対し不作用領域であり、このため、各要素に対し極近視野ビームパターンの「ホール」の原因となる。しかし、主ローブ有効ビーム幅及び振幅のような重要なビームの特徴は顕著に影響されず、変換器の仰角側ローブが極めて僅かに上昇する点を除いて、ビームの適正な特徴は、変換器要素の全長が均一に作用可能であるかのように保たれる。

モードの分散：

その他の共鳴モードの場合にもTEモード変換器の作用は、同時に可能である。しかし、各モードに対する電子機械的エネルギーの結合効率は、主として、以下のファクタ、すなわち、a) 所定の共鳴モードに対する変換エネルギー効率を表わすk係数、b) 所望の非音伝導化(insonification)媒体に対する音響的結合経路、c) その特定のモードに対し変換器の共鳴に適合するエコーの送信 - 受信信号の帯域幅に依存する。このように、「サイドルッキング」画像を形成するため、TE共鳴に対してのみ上述したファクタを最適にするため変換器の設計が形成される一方、上述したエネルギー結合ファクタを最小にすることにより、望ましくない共鳴を抑制する設計を通じて変換器内のその他の共鳴モードを無視する必要がある。

【0032】

不要な結合のこの周波数分散を通じて、B - モード画像面を形成するのに必要な「サイドルッキング」変換器ポートから送信し且つ受信された所望のエコーは任意の特定の要素内でTE共鳴モードを通じて最も効率的に結合される。このため、望ましいエコーを得るための高効率のTEモード結合と、望ましくない共鳴及びエコーの周波数分散とを特徴とする、提案された変換器の設計は、上記に記載したその他のモードの隔離の理由と共に、B - モード断面画像面を形成するときに使用される望ましい面内のエコーのみに対する高品質のTEエコーエネルギーの変換手段を構成する。

【0033】

2. 標準型断面B - モード画像化のシステムの作用

図9に図示したホスト超音波処理システムは、超音波配列408の要素の選択及びステッピング過程を制御し、これにより単一の要素412又は多数の要素が送信し、同一又はその他の要素が戻りエコーの情報を受信するようにする。所定の開口に関与する配列中の要素は、順次に標本化されて、ビーム形成の和に必要な全ての必須のクロス乗積送信 - 受信項が得られる。

【0034】

ホスト処理システムすなわちコンピュータ914及び再構成コントローラ918は、帯域幅パルサー / 受信機902に提供されたパルスタイミング、すなわち任意の釣合ったフィルタ910の使用状態を制御線916を介して制御し、エコーパルスの圧縮を行う。10MHz904又は20MHz936中央周波数BPF経路の何れかを選択するため制御信号906を使用して、システム内のエコー帯域通過フィルタ(BPF)処理経路が選ばれる。増幅し且つ処理されたアナログエコー信号は、エコー信号の動的範囲を保存するのに十分なビット数にてADC908を使用してデジタル化され且つ信号912を介してビームフォーマの処理部分に送られる。ビームフォーマの部分は、再構成コントローラ918の制御の下、対象とする開口内に存在する全ての対の送信 - 受信要素から保存されたエコーデータを使用する。要素のエコー標本化は、円形配列の周りで順序的に続行するため、全ての要素群の開口は、周知の合成開口再構成技術を使用して「再構

成」され、重さを加え且つ合計したエコーデータのビーム形成ベクトルを形成し、これらのベクトルは、ビームフォーマの形成記憶装置配列922、装置924及び合算装置926を使用してカテーテル表面から半径方向に出る。記憶装置の制御信号920は、入力データを保存すべく何れかの記憶装置配列を選ぶスイッチバンク924を制御する。

【0035】

ベクトルエコーデータは、ベクトルプロセッサ928を使用してエコーデータのエンベロープを検出し且つRFキャリアを棄却することを通じて処理される。最後に、座標変換過程を行って、エコーデータの半径方向ベクトル線をマッピングし、ディスプレイ932を使用してビデオディスプレイするためスキャンコンバータ930を使用して、データをラスタスキャンする。

【0036】

この処理システムは、ホストコントローラを通じて、変換器ビームの仰角長さを通る血液細胞を追跡することにより、血液の速度を検出することもできる。追跡スキームは、要素のエコーの標本化順序を改変すること、また、ホスト処理システムのビームフォーマ部分を使用することを含む。血液速度の情報は、ビデオディスプレイに1つのカラーとして表示することができる。この血液速度のカラー情報は、画像ディスプレイと重ね合わせ、ユーザが身体部位の情報と血液の移動の情報を同時に見ることを許容する。

【0037】

【フォワードルッキング断面C - モードの作用】

カテーテル画像化装置のこの「フォワードルッキング」作用の有利な点は、さもなければカテーテルが物理的に縦断することができないであろうカテーテルの前方の対象物の画像を見ることが可能なことである。「フォワード」C - モード面は、標準型のB - モード断面ビューと同様の断面ビューを発生させ、また、ユーザに対し同等の画像の解釈を可能にし、更に、さもなければカテーテル自体によって標準型の断面ビューにて不鮮明となるであろう画像の中心に画像の対象物が存在する状態でユーザが見ることができるから、このフォワード画像面はより有用であるようにすることができる。また、このフォワードビューは、カテーテ

ル装置の長軸に対し全体として平行に移動する目標物からのドップラーエコー信号を検出し且つカラー画像ディスプレイし得るように理想的な音響ビームの位置決めも可能にする。

【0038】

1. 変換器の作用

この「二次的」モードにて変換器は、結合効率を表わす k_{31} 電子-機械的結合係数を利用して、長さ拡張 (LE) 共鳴状態で作用する。この作動モードにおいて、変換器要素の極形成方向及び変換器内の検知又は付与された電界は、整合しているが、音響共鳴は、電界及び極形成方向に対して 90° の位置にある。この「長さ共鳴」は、変換器の偏極方向に対して 90° である変換器要素の長さ寸法における半波共鳴を基本的に意味する。要素の長さは、通常、厚さ寸法よりも遥かに長いため、典型的に、TEモードよりも遥かに低い共鳴周波数であるLEモードの共鳴は、常に、ある程度、典型的な変換器配列要素内に存在するが、通常、周波数の分散設計により抑制されている。

【0039】

本発明の好ましい実施の形態は、好ましい実施の形態の場合、TEモード共鳴周波数の約2分の1である所望の周波数にて半波LE共鳴がそれ自体、現れるのを許容し得るように変換器要素内で急激な物理的不連続性 (切欠き520) を利用する。本発明の独特の特徴は、機械的に固定された変換器の設計であり、この設計は、2つの共鳴モードが妥当に高効率にて作用することを許容する一方、所望のモード (すなわち、「サイド」又は「フォワード」) を「選ぶこと」が、a) 対象とする電子的に選ばれた周波数帯域、b) 2つのモードの間にてエコービームパターンを空間的に隔離する変換器の設計、c) 合成開口ビーム形成技術を使用して再構成するため特定の所望の画像面に対する、画像面特有のビーム形成負担及び遅れ作用であり、このビーム形成技術において、「サイド」及び「フォワード」ビームパターン間のエコータイミングのインコヒーレンスは、モードの隔離状態を保つのに役立つ。

【0040】

上述したように、結合上の有利さに影響を与える少なくとも3つの基本的ファ

クタ、すなわち、a) 所定の共鳴ノードに対するエネルギー変換効率を表わす k 係数（この場合、 k_{31} 電子 - 機械的結合効率である）、b) 所望の非音伝導化媒体までの音響的結合経路、c) その特定のモードに対する変換器共鳴に釣合うエコー送信 - 受信信号の帯域幅が最適化されるならば、電子 - 機械式エネルギー結合における変換器の設計の共鳴モードを効率的なものにすることができる。LEモード結合効率はTEモード結合効率よりも低い、本発明は、LEモードに対するこれらファクタを適正に最適化することを許容する。LEモード効率を表わすときに使用される k_{31} 結合ファクタは、典型的に、TEモード効率を表わす結合ファクタである k_{33} の2分の1である。

【0041】

配列を組み立てる1つのステップにて変換器要素内に急激な音響的不連続性が形成される。変換器材料が依然としてブロック形態にある間に、変換器ブロックと可撓性回路との間に機械的な接合及び電気的接続状態を形成するため変換器材料を可撓性回路に取り付けた後、変換器材料ブロックの全長に亘ってダイス状に鋸切断し、切欠きを形成することができる。切欠きの深さは、高効率のLEモード半波共鳴が変換器要素のこの端部に存在することを許容し得るように、変換器材料の末端部分に急激な不連続部分を形成すべく変換器材料内で十分に深くなければならない。鋸切断は、可撓性回路に結合された変換器ブロック側の接地電極トレースを切断するほど深くてはならない。この切断は、音響学的に放出されたエネルギーが裏当て材料領域内に反射し且つ吸収されることを許容し得るように基端側にてテーパを付けることが理想的である。

【0042】

切欠きにより分離された末端及び基端の変換器領域内でLE共鳴モード間に何らかの音響結合が存在することは望ましくない。末端変換器領域のLEモード半波共鳴は、変換器要素の末端と切欠きとの間に約170マイクロメートルの長さの間に亘ってPZT（モトローラ3203HD）内で10MHzにて存在する。変換器の基端領域LEモード共鳴は、図5、図7に図示した2つの実施の形態にて帯域外と考えられる周波数（約6MHz）にて存在し、所望の作用周波数（この場合、「フォワード」音響伝播に対し末端領域内で10MHzのLEモード共鳴

であり、変換器の全作用可能な電界長さにて20MHzのTEモード共鳴である)との干渉を最小にすることができる。

【0043】

変換器の末端のLE共鳴モード領域の所望の音響エネルギー結合ポートは、カテテル配列の末端にある。配列の端部を保護し且つ音響学的釣合い層として作用可能であるようにするため、ポリウレタンで出来た端部キャップを使用するか、又はこれと代替的に、接着材料を均一に被覆すれば十分であることもある。この音響ポートにより発生されたビームパターンは、形成すべき画像面の所望の程度を覆う大きい面積を非音伝導化するのに十分に広くなければならない。この目的のため、ビームパターンは、典型的に2方向(送信及び受信)エコーに対し半最大強度角度にて形成すべき面にて測定した「円錐形」ビームよりも少なくとも60°広くなければならない。配列の好ましい設計は、64個の又はより多数の要素を有し、変換器の鋸切断ピッチは、カテテル配列の直径をその配列中の要素の数で割った値に π を掛けた値に等しい。1.13mmの有効配列直径及び64個の要素の場合、このピッチは0.055mmである。2つの連続的な配列要素を「単一」の有効なLEモード音響ポートとして使用すれば、必要な60°の全幅半最大(「FWHM」)数値の利点を生じさせる十分に均一なビームパターンを提供することができる。この場合、この「単一」フォワードルッキングポートの開口は約0.080mm×0.085mmである(ここで、0.085mmはピッチ直径から切口の幅0.025mmの値を差引いた値の2倍である)。

【0044】

この変換器の設計はまた、変換器ブロックに切欠きが不要な形態も含むことができる。この場合、被駆動電極は、変換器要素の1つの面に沿って全て存在し、接地電極すなわち基準電極は要素の反対側に沿って全て存在するようにすることができる。変換器の長い枢軸方向長さはLEモードにて半波長で共鳴し、厚さ寸法はその厚さ方向にTEモード共鳴を発生させることを許容する。この設計が作用可能であるようにするためには、LE及びTEモード共鳴周波数を極めて相違させ、適正なTEモード仰角ビーム焦点を保ち得るようにする。一例として、カテテルから半径方向に3mmの距離にて十分に狭小な20MHzTEモード仰

角ビーム幅に対する要素の作用領域の長さを保つためには、要素の長さが約0.5 mmにする必要がある。この場合、LEモードにて形成される半波共鳴周波数は約3 MHz となろう。この設計は、二重モード画像化に使用することができるが、10 MHz 画像化がフォワードルッキング画像面を提供することができるという合焦上の利点はない。フォワード周波数が10 MHz 付近に保たれるが、サイドルッキングモードに対する必要な周波数は劇的に増大するその他の設計も可能であり、この設計はそれ自体有用ではあるが、要素の数を増大させると同時に且つ（又は）配列要素のピッチ寸法を減少させることを必要とすることにより、この設計を複雑にするものである。

【0045】

2. システムの作用

ホスト処理システムは、配列要素の選択及びステッピング過程を制御し、これにより、1つの要素、2つの要素の対又は組み合わせたその他の多数の要素は同一の情報を送信し又はその他の要素が戻りエコー情報を受信するようにする。所望の配列の作動可能なモードは、カテーテル配列の端部から前方向にエコー情報を送信し且つ受信するLE共鳴モードである。上述したように、発生されたLEモードエコーは、主として、周波数帯域を制限することにより（変換器の構造的設計及び電氣的帯域選択フィルタの双方により）、また、エコー選択フィルタの1つの型式としてビーム形成再構成過程を通じて、TEモードエコーから隔離することができる。

【0046】

フォワードルッキング断面C - モードにて作動する間、面分解能の点にて可能な限り最良の画像を形成するため、配列全体の直径を最大開口の寸法として使用する。このことは、一般に、再構成された面内の何れの箇所でも高品質の画像分解能を形成するのに必要な最小数のクロス乗積エコーを集めるため、好ましくはスパース標本作動モードで配列の全体を通じる要素の位置にて要素のエコー標本作動が行われることを意味する。

【0047】

「完全なデータセット」（例えば、 64×32 ）、又は図10及び図11に図

示るように要素のスパース標本化（例えば、 64×32 以下）の何れかを使用してカテーテル配列の全体を通じて要素から捕集された送信 - 受信エコーのコントリビューションを使用することにより、FWHM主要ビームの分解能は「サイドルッキング」断面画像の20MHz分解能に近いものとなる。このことは、「フォワードルッキング」エコー周波数は、「サイドルッキング」周波数の約2分の1であるが、前景モードに対し使用可能な開口は、最大のサイドルッキング開口の約1.6倍であるからである（例えば、最大のサイドルッキング開口は約0.7mmであり、前方開口は約1.15mmである）。10MHzのフォワードルッキング設計の場合、深さ3mmにて再構成された画像面におけるFWHM主要ローブの分解能は、約0.39mmであり、5mmの距離にて0.65mmの分解能である。

【0048】

「フォワードルッキング」に対するエコー周波数として10MHzを使用する設計にて利用可能なビームの回折が制限されるため、配列の全体を通じてエコーのコントリビューションから高レベルの分解能にて再構成し且つ表示することのできるC - モード画像の直径は、再構成されたC - モード画像面とカテーテルの末端との間の距離に関係する。カテーテルの端部から3mmの位置にて、C - モード画像の直径は約2.3mm、5mmの距離にて画像の直径は4.6mm、7mmの距離にて画像の直径は6.9mmとなる。

【0049】

ホスト処理システムは、変換器要素の選択及び配列の周りのステップングを制御することに加えて、送信パルスタイミング、エコーパルスを圧縮するための任意の釣合ったフィルタの使用及びシステム内のエコー帯域通過フィルタの処理経路を制御する。増幅され且つ処理されたアナログエコー信号はエコー信号の動的範囲を保存し得るように十分なビット数にてデジタル化され且つビームフォーマの処理部分に送られる。ビームフォーマの部分は、対象とする開口内に存在するスパース配列の標本化（又はこれと代替的に、 64×32 の送信 - 受信要素対の全体的な完全な配列のエコーデータセット）から保存されたエコーデータを使用する。要素のエコー標本化が図10及び図11に図示するように、円形の配列1

108の周りで連続的に続行されるため、その配列の周りの「完全なトリップ」の数は、1つの画像ベクトル線1102を再構成するのを許容するのに十分な数のエコークロス乗積（好ましいスパース標本化法にて105以内）を捕集し得るようにされる。クロス乗積標本化が配列の周りで続行するとき、「より古い」エコークロス乗積の捕集分は新たなサンプルと置換され、次の画像ベクトルが形成される。この過程は、配列の周りのその要素のクロス乗積のコントリビューションを標本化しつつ、新たな画像のベクトルを形成し得るようある角度で回転させて繰り返す。

【0050】

図11において、末端カテーテル配列及びフォワードルッキング画像の重なり合いである図10のビュー「A」1004が図示されている。部品1102として図示した変換器要素No. 1、No. 2は、送信(Tx)変換器要素の開始位置を示す。部品1106として図示された変換器要素No. 12、No. 13はRx変換器要素の開始位置である。ベクトル1002に対するエコーデータを捕集するためには、合計105のクロス乗積を全て配列の周りで捕集する。回転矢印1108は、配列の周りのRx要素のステップング方向を示す。Rxステップングは、略要素No. 52（例えば、 $64 - 12 = 52$ ）にて停止させることが好ましい。Txが同一の「回転」方向に増分された後に、Rxを後方にステップングすることによりステップングは続行する。勿論、全てのクロス乗積のTx - Rx項が捕集されとは限らない。好ましくは、1つが一次空間周波数を取り、クロス乗積を105に制限するため捕集を続行するようにする。

【0051】

「サイドルッキング」画像の処理にて説明したのと同じの方法にて、ベクトルエコーデータは、エコーデータのエンベロープを検出し且つRFキャリアを棄却することを通じて処理される。最後に、ビデオディスプレイのため、データをラスタスキャンすべく座標変換過程を行って、エコーデータの半径方向ベクトル線を描く。

【0052】

この処理システムは、ホストコントローラを通じて、「サイドルッキング」方

向に沿って目標物を相関 - 追跡するか（「サイドルッキング」アプローチ法に関して上述したように処理を行いつつ）、又は「フォワードルッキング」エコー経路に対し平行な方向への目標物の動きに相応するエコー周波数の変化を標準的なドップラー処理することの何れかにより、「フォワードルッキング」目標物（血液細胞のような）の速度を検出することもできる。目標物（例えば、血液）の速度情報は、ビデオディスプレイに1つのカラーとして表示することができる。この速度のカラー情報は、画像のディスプレイ上に重ね合わせ、ユーザが身体部位の情報と目標物の動作の情報を同時に見ることを許容する。

【0053】

【フォワードルッキング矢状断面B - モードの作用】

カテーテル画像化装置の「フォワードルッキング」作用の有利な点は、さもないければカテーテルが物理的に縦断することのできないであろう、カテーテルの前方の対象物の像を見ることができることである。「フォワード」B - モード面の画像化方法は、カテーテルの中心枢動に対し平行で且つカテーテル配列の端部に対し末端方向である任意の面内に存在することが可能な断面の平面状「セクター」画像を生じさせる（図3参照）。この画像化モードは、更に、僅かに面外に傾動させた画像の「セクター」画像（図3参照）を生じさせるために使用することができ、また、対象とする前方の目標物領域の多次元的特徴を鮮明に示す形態にてユーザが前景画像の多数のスライスを見ることを許容すべく全体としてカテーテル枢軸の周りで回転される個々の又は組みの画像「セクター」を生じさせる。このフォワードB - モード画像化（C - モード面の画像化と同様に）は、全体として、カテーテル装置の長枢軸に対し平行に移動する目標物からのドップラーエコー信号を検出し且つカラー画像ディスプレイするため音響ビームを理想的に位置決めすることを利用する。

【0054】

1. 変換器の作用

「フォワードルッキング」B - モードの画像形態を形成するときの変換器の作用は、「フォワードルッキング」C - モード画像を形成するため上述したものと実質的に同一である。この「二次的」モードにおける変換器は、結合効率を表わ

す k_{31} 電気 - 機械的結合係数を利用して、長さ拡張 (LE) 共鳴状態にて作用する。C - モード画像の形成の場合と同様に、「前方」方向に向けた広いビームを形成するため、任意の時点で使用される要素の数は、必要とされる 60° の FWHM ビーム幅性能を生じさせるように選ばれる。より高周波数の TE 共鳴に対して上述したモードの隔離技術は、このフォワード B - モード画像化技術にも同様に有効である。

【0055】

しかし、高帯域幅のエコー信号にて (低帯域幅エコー信号も使用できるが、画像の分解能が多少失われる) 「フォワード」C - モード画像化を作用させることが単に好ましい場合、「フォワード」B - モード画像化において、「フォワード」B - モード画像の「軸方向」分解能を維持するため高帯域幅エコー信号 (エコーの部分帯域幅が 30% 以上) のみが必要である。「フォワード」B モード画像における横方向分解能は、画像の再構成のために使用される開口 (配列の直径) によって決まる (C - モード画像面の分解能と同様に)。横方向分解能の性能は、カテーテルの末端から色々な深さに対し上述した通りである (すなわち、C - モード画像化の場合の説明と同様である)。

【0056】

2. システムの作用

「フォワードルッキング」B - モード画像形態を形成するときのシステムの作用は、殆んど、「フォワードルッキング」C - モード画像を形成するため上述したものと同一であるが、ビーム形成過程にて捕集されたエコー信号を使用して、C - モード画像面ではなくて、カテーテルの末端にて円形の配列の中央を効果的に切る面内にて「フォワード」矢 (じり) 状 B - モード画像化を形成する点が相違する。

【0057】

図9に図示したホスト処理システムは、配列要素の選択及びステップング過程を制御し、これにより、1つの要素、2つの要素対又は組み合わせたその他の多数の要素は、エコー情報を送信し、同一又はその他の要素が戻りエコー情報を受信する。意図する配列の作動モードは、エコー情報をカテーテル配列から前方に

向けて送信し且つ受信するためのLE共鳴モードである。上述したように、発生されたLEモードエコーは、主として周波数帯域の制限により（変換器の構造上の設計及び電氣的帯域選択フィルタの双方により）、また、エコー選択フィルタの1つの型式としてビーム形成の再構成過程によりTEモードエコーから隔離することができる。

【0058】

「フォワードルッキング」矢（じり）状B-モードにて作動する間に、面分解能の点にて可能な限り最良の画像を生じさせるため、配列直径の全体を最大開口寸法として使用する。このことは、全体として、要素エコーの標本化は、再構成した面内の何処でも高品質の画像分解能を実現するために必要とされる最小数のクロス乗積エコーを集めるため、好ましくは、スパース標本化作動モードにて配列の全体に亙る要素の位置にて行われるようにすることを意味する。「完全なデータセット」（例えば、 64×32 ）又は要素のスパース標本化（例えば、 64×32 以下）の何れかを使用してカテーテル配列の全体に亙って要素から捕集された送信-受信エコーのコントリビューションを使用することにより、B-モード面におけるFWHM主要ビームの横方向分解能は、「サイドルッキング」断面画像の20MHzの分解能に近くなる。同様に、C-モード画像の場合について上述したように、10MHzフォワードルッキング設計を使用してB-モード画像を形成するとき、3mmの深さにて再構成された画像面内でのFWHM主ローブ横方向分解能は、約0.39mmであり、5mmの距離にて、0.65mmの分解能となる。

【0059】

「フォワードルッキング」に対するエコー周波数として10MHzを使用する設計にて利用可能なビーム回折が制限されるため、配列の全体を通じてエコーコントリビューションから高レベルの分解能にて再構成し且つ表示することのできるB-モードセクター画像の幅は、画像セクター内の再構成されたB-モード目標物とカテーテルの末端との間の距離に関係している。カテーテルの端部から3mmの距離にて、B-モード画像セクターの幅は約2.3mmとなり、5mmの距離では、画像セクターの幅は4.6mmとなり、7mmの距離では画像セクタ

一の幅は6 . 9 mmとなる。

【0060】

ホスト処理システムは、変換器要素の選択及び配列の周りのステッピングを制御することに加えて、送信パルスのタイミング、エコーパルスを圧縮するための任意の釣り合ったフィルタの使用、システム内のエコー帯域通過フィルタの処理経路を制御する。増幅し且つ処理されたアナログエコー情報は、エコー信号の動的範囲を維持するのに十分なビット数にてデジタル化され且つビームフォーマの処理部分に送られる。ビームフォーマ部分は、対象とする開口内に存在するスパース配列標本化からの保存されたエコーデータ（又は、代替的に、 64×32 の送信 - 受信要素対の全体の完全な配列エコーデータセット）を使用する。要素のエコーの標本化が円形の配列の周りで順次に続くとき、その配列の周りの「フルトリップス」の数は、1つの画像ベクトル線を再構成することを許容するのに十分な数のエコークロス乗積（好ましいスパース標本化方法において105以内）を捕集するものとされよう。クロス乗積標本化が配列の周りで続行されるに伴い、「古い」エコークロス乗積の採取は、新しい標本と置換され、次の画像ベクトルが形成される。この過程は、配列の周りでその要素のクロス乗積のコントリビューションを標本化しつつ、配列内である角度で回転させて続行し、新しい画像のベクトルを形成する。

【0061】

単一の「フォワードルッキング」矢（じり）状B - モード画像面を形成するために使用した方法は、カテーテルの中心軸線と一致するか、又はそれ自体がカテーテルの中心軸から僅かに傾いた枢軸の周りの多数の回転した矢状面を形成し得るように拡張することができる。十分な回転面が採取されたならば、ビーム成形システムがこの多次元的容積を通じて任意の斜めの「スライス」を再構成し且つ表示する能力を備えることになり、B - モード又はC - モードの視覚化が2 - Dセクターの形態、2 - D（2次元）円形の形態又はその他の多次元的形態の何れかで形成される。また、エコーデータの量は従来の3 - D（3次元）図形エンジンにオフロードし、このエンジンは所望の画像形態を形成して、改良された視覚化を可能にする特徴を備える。「フォワードルッキング」C - モード画像の処理

に関して説明したのと同じの仕方にて、ベクトルエコーデータは、エコーデータのエンベロープの検出及びRFキャリアの棄却を通じて処理される。最後に、座標変換過程を行ってエコーデータの半径方向ベクトル線を「フォワードルッキング」B - モードの画像のビデオセクター形態のディスプレイに描く。

【0062】

この処理システムは、ホスト制御を通じて、「フォワードルッキング」方向に沿って目標物を相関 - 追跡するか（「サイドルッキング」アプローチ法に関して上述したように処理することにより）、又は「フォワードルッキング」B - モード面内で「フォワードルッキング」エコー経路に対し平行な方向への目標物の動きに相応するエコー周波数の変化を標準的にドップラー処理することの何れかにより、「フォワードルッキング」する目的物（血液細胞のような）の速度の検出を行うこともできる。目標物（例えば、血液）の速度情報は、ビデオディスプレイに1つのカラーとして表示することができ、この速度のカラー情報は、画像ディスプレイと重ね合わせてユーザが身体部分の情報及び目標物の動作情報を同時に見ることを許容する。

【0063】

本発明は多数の重要な特徴及び有利な点を有している。本発明は、何らの可動部品を使用せずに、多数の面内の組織を画像化するため使用可能である超音波画像化変換器及び方法を提供する。本発明は、フォワード及びサイド画像化モードの双方にて作用可能であり、また、処理方法が行われている間、画像化を行うことを許容する。このように、例えば、本発明は、フォワードルッキングC - モードにて作用すると同時に、レーザファイバ束のような治療装置を使用して組織を融除し又は組織を光化学療法することの何れかによりカテーテルの先端の前方の組織（例えば、横断不能な動脈閉塞物）を治療するために使用することができる。レーザパルスは、超音波送信 - 受信過程とタイミングを合わせ、超音波画像面内で高周波数レーザに起因する組織の残響を見ることができる。このようにして、本発明は、顕微鏡下外科手術中、オペレータの視覚を動的に案内することができる。

【0064】

本発明はまた、組織を切開する前にオペレータが組織を識別することを許容し得るように生検法又はアセレクトミー法にて使用することもできる。その有利な点は、カテーテル又は生検探針装置を目標物の組織の全体方向に文字通り向けて、これにより、的確な組織の標本を切除する必要な定固定性の方向決めに顕著に役立つ。本発明はまた、カテーテルの末端をかなり越えて存在する目標物の組織を治療するため放射線治療コアワイヤーを的確に位置決めするためにも使用することができる。

【0065】

上記の説明から、新規で且つ改良された超音波画像化装置及び方法が提供されることが明らかである。特定の現在の好ましい実施の形態のみを詳細に説明したが、当該技術分野の当業者に明らかであるように、特許請求の範囲に記載した本発明の範囲から逸脱せずに特定の変更及び改変を為すことが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

超音波カテーテルの先端により発生された 1 つの画像化面を示す等角図である。

【図 2】

超音波カテーテルの先端により発生された図 1 と異なる画像化面を示す等角図である。

【図 3】

超音波カテーテルの先端により発生された図 1 と異なる異なる画像化面を示す等角図である。

【図 4】

本発明に従って超音波変換器配列組立体を利用するガイドワイヤー及び中央末端管腔を有する超音波画像化カテーテルの 1 つの実施の形態の図である。

【図 5】

本発明を具体化する超音波画像化カテーテルの 1 つの実施の形態を示す、一部切欠いた側面立面図である。

【図 6】

本発明による超音波変換器要素の 1 つの実施の形態の拡大断面図である。

【図 7】

本発明による変換器要素の相互接続技術の 1 つの代替的な実施の形態の側面断面図である。

【図 8】

本発明に従ってその平坦な状態にて製造する間の超音波変換器配列組立体の線図である。

【図 9】

本発明による超音波システムのブロック図である。

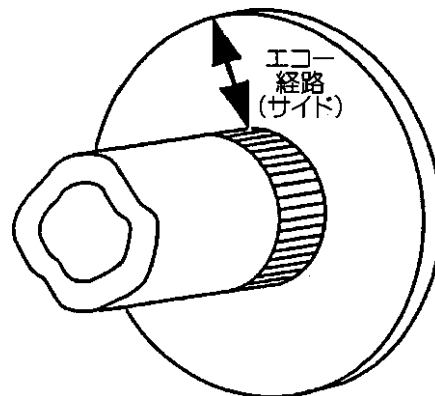
【図 10】

1 つの C - モード画像ベクトルの方向を示すと共に、画像内のベクトルを組み立てるのに必要な配列の周りの要素のステップングの開始状態を示す図である。

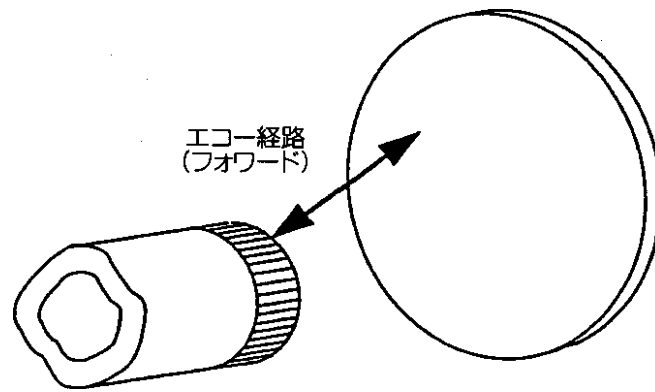
【図 11】

1 つの C - モード画像ベクトルの方向を示すと共に、画像内のベクトルを組み立てるのに必要な配列の周りの要素のステップングの開始状態を示す図である。

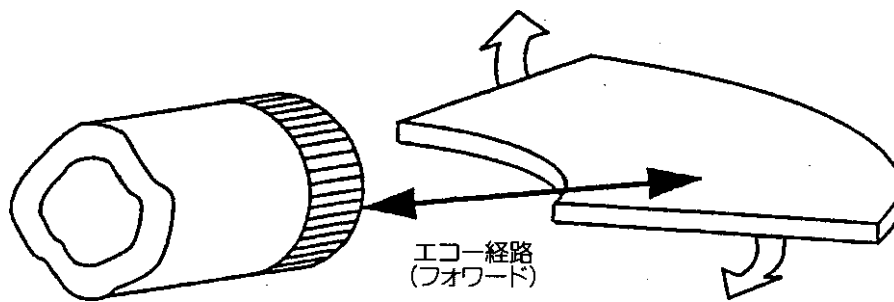
【図 1】



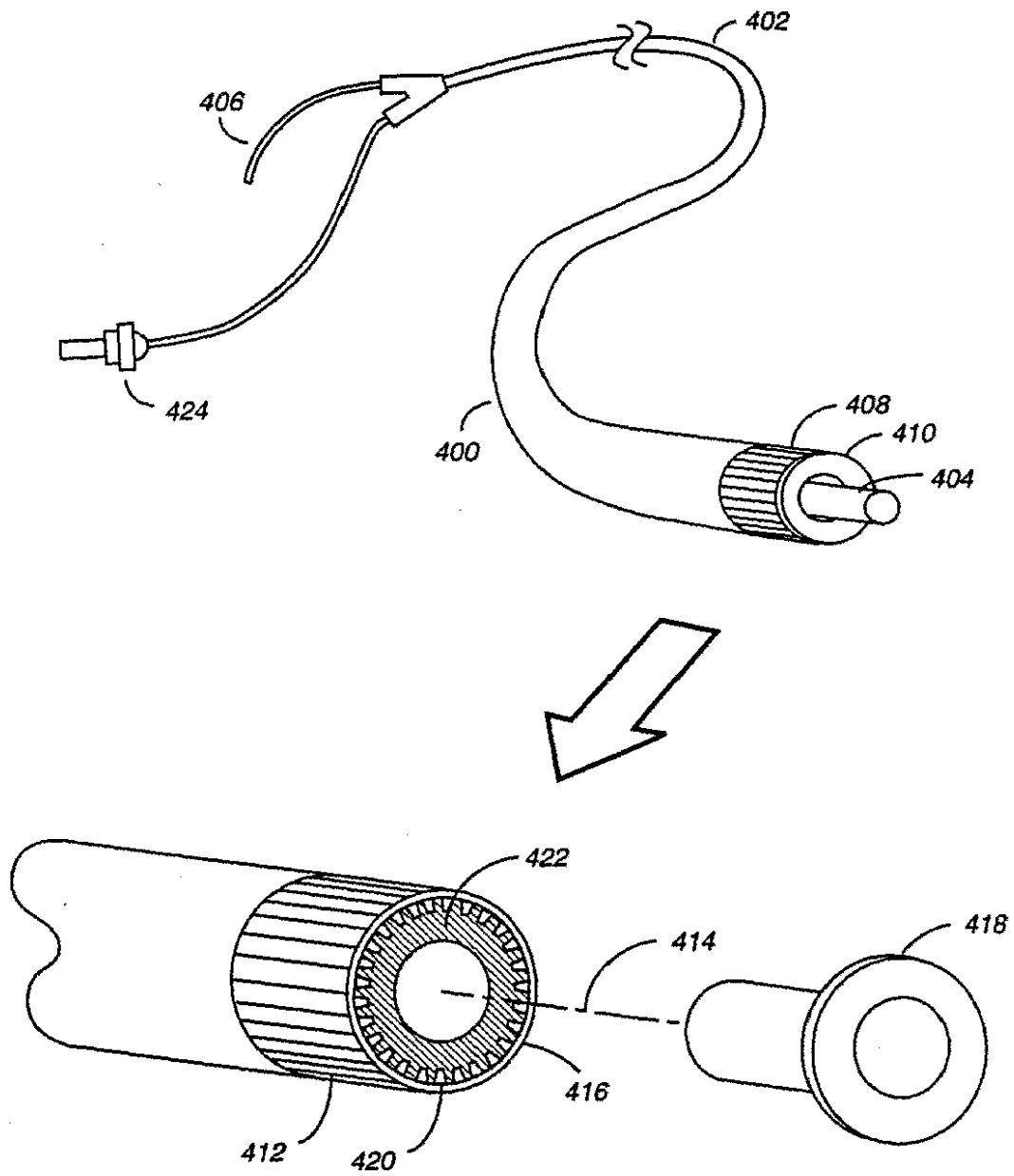
【図2】



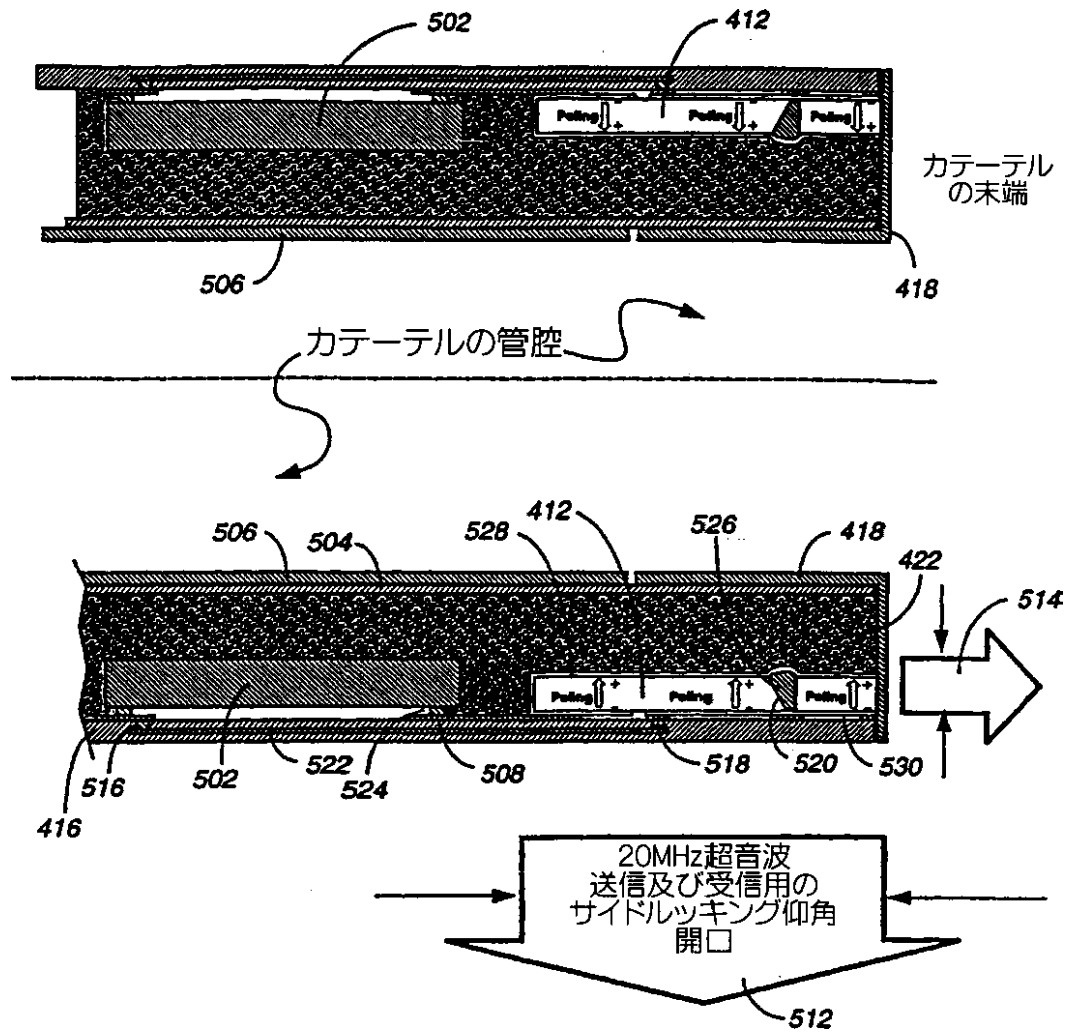
【図3】



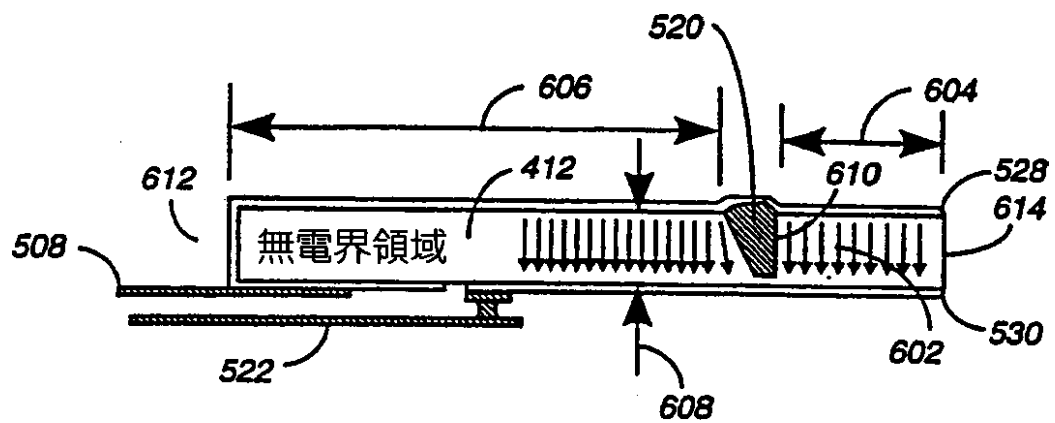
【図4】

**FIG. 4**

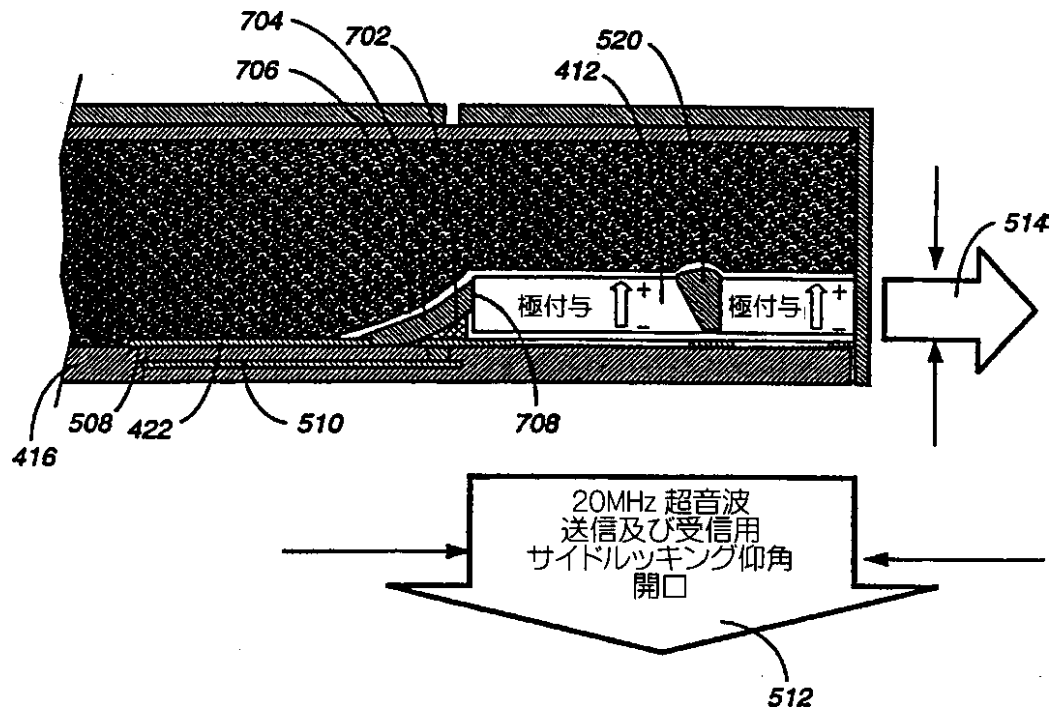
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

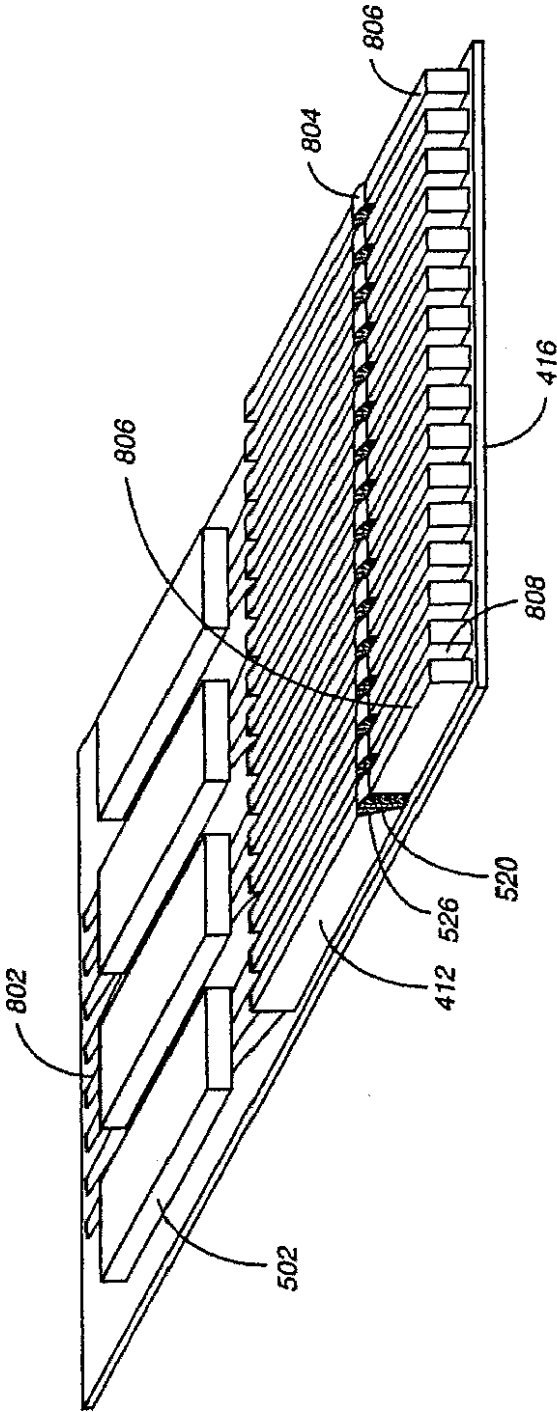
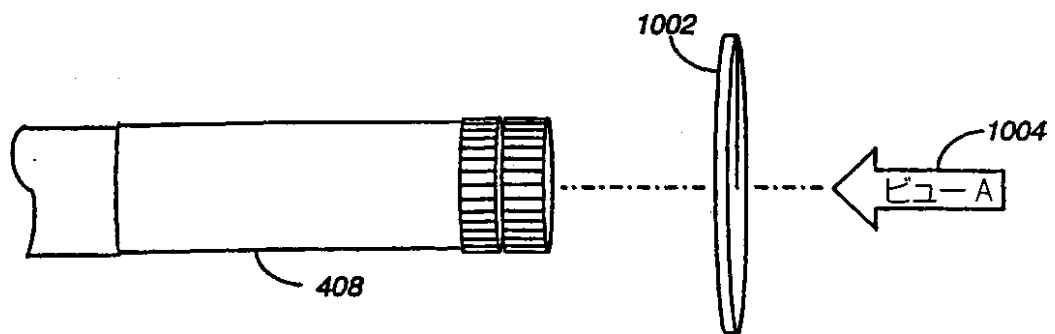
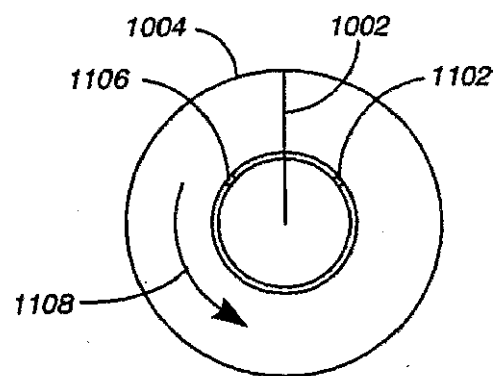


FIG. 8

【図10】



【図11】

**FIG. 11**

【國際調查報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter. Application No. PCT/US 01/03894		
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 B06B1/06 A61B8/12		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 B06B A61B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, PAJ, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	
	Relevant to claim No.	
A	US 5 876 345 A (EATON JOHN W ET AL) 2 March 1999 (1999-03-02) column 10, line 50 - line 56; figure 16 ---	1,26,31
X	US 5 757 727 A (HANAFY AMIN M ET AL) 26 May 1998 (1998-05-26) column 3, line 66 -column 5, line 65; figures 2,3 ---	1-5
A	EP 0 853 919 A (ENDOSONICS CORP) 22 July 1998 (1998-07-22) abstract; figure 10 --- -/--	1,26,31
☒ Further documents are listed in the continuation of box C. ☒ Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 11 May 2001	Date of mailing of the international search report 27. 07. 01	
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl. Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Häusser, T	

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/US 01/03894

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 08, 29 September 1995 (1995-09-29) & JP 07 136164 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD), 30 May 1995 (1995-05-30) abstract ---	6
A	JP 62 152441 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 7 July 1987 (1987-07-07) figures 1,2 -----	26,31

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International application No.
PCT/US 01/03894
Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This International Search Report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the International Application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful International Search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this International Search Report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
1-8,26-36

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. Claims: 1-8,26-36

Ultrasound device exhibiting transducer elements with an acoustical discontinuity

2. Claims: 9-17

Ultrasound imaging system with capability to form images in 3 different planes

3. Claims: 18-25

Ultrasound imaging device with capability to drive transducer elements at 2 different resonance frequencies

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/US 01/03894

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5876345 A	02-03-1999	AU 6341298 A WO 9837812 A	18-09-1998 03-09-1998
US 5757727 A	26-05-1998	US 5640370 A US 5920523 A	17-06-1997 06-07-1999
EP 0853919 A	22-07-1998	US 5857974 A CA 2226194 A JP 10192281 A US 6049958 A	12-01-1999 08-07-1998 28-07-1998 18-04-2000
JP 07136164 A	30-05-1995	NONE	
JP 62152441 A	07-07-1987	NONE	

フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW

(72)発明者 スティーブンス, ダグラス・エヌ
アメリカ合衆国カリフォルニア州95616,
デビス, エバンス・コート 1230

(72)発明者 オドネル, マッシュー
アメリカ合衆国ミシガン州48104, アン・
アーバー, ブルックリン・アベニュー
1607

Fターム(参考) 4C301 AA02 BB02 BB03 BB12 BB13
BB22 CC02 CC06 EE09 EE11
FF09 GA03 GB08 GB18 GB33
GB36 HH01 HH48 JB38 JC05
KK18
4C601 BB03 BB05 BB06 BB23 BB24
EE06 EE09 FE03 GA01 GA03
GB01 GB02 GB03 GB04 GB05
GB19 GB41 GB42 GB44 HH04
HH26 HH35 HH38 JB28 JB31
JB34 JC25 KK12 KK15 KK21
5D019 EE02 FF04
5D107 AA01 BB07 CC01 CD08 FF02
FF07

专利名称(译)	前视和侧视超声成像		
公开(公告)号	JP2003522007A	公开(公告)日	2003-07-22
申请号	JP2001557697	申请日	2001-02-07
[标]申请(专利权)人(译)	ENDOSONICS		
申请(专利权)人(译)	最终超音速公司		
[标]发明人	スティーブンスダグラスエヌ オドネルマッシュュー		
发明人	スティーブンス,ダグラス・エヌ オドネル,マッシュュー		
IPC分类号	A61B8/12 B06B1/06 H04R17/00		
CPC分类号	B06B1/0633 A61B8/12 A61B8/445 A61B8/4488 Y10T29/42		
FI分类号	A61B8/12 B06B1/06.Z H04R17/00.330.Z		
F-TERM分类号	4C301/AA02 4C301/BB02 4C301/BB03 4C301/BB12 4C301/BB13 4C301/BB22 4C301/CC02 4C301/CC06 4C301/EE09 4C301/EE11 4C301/FF09 4C301/GA03 4C301/GB08 4C301/GB18 4C301/GB33 4C301/GB36 4C301/HH01 4C301/HH48 4C301/JB38 4C301/JC05 4C301/KK18 4C601/BB03 4C601/BB05 4C601/BB06 4C601/BB23 4C601/BB24 4C601/EE06 4C601/EE09 4C601/FE03 4C601/GA01 4C601/GA03 4C601/GB01 4C601/GB02 4C601/GB03 4C601/GB04 4C601/GB05 4C601/GB19 4C601/GB41 4C601/GB42 4C601/GB44 4C601/HH04 4C601/HH26 4C601/HH35 4C601/HH38 4C601/JB28 4C601/JB31 4C601/JB34 4C601/JC25 4C601/KK12 4C601/KK15 4C601/KK21 5D019/EE02 5D019/FF04 5D107/AA01 5D107/BB07 5D107/CC01 5D107/CD08 5D107/FF02 5D107/FF07		
优先权	09/501106 2000-02-09 US		
其他公开文献	JP2003522007A5 JP4612263B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

超声换能器阵列408包括至少一个换能器元件412，该换能器元件具有通过声学不连续部分520分开的第一部分604和第二部分606。第一部分604具有期望的长度以形成半波k31谐振，而第二部分606具有用于不期望的非常低频的带外k31谐振的谐振长度。换能器元件412的厚度被设计用于k33个半共振。通过这种设计，换能器元件412是可操作的，并且还提供了前视仰角孔514和侧视仰角孔512。还公开了在超声成像期间使用所公开的超声换能器412的方法。

